

“Актуальні проблеми теоретичної та експериментальної фізики”, 27-28 січня 2010 р., м. Тернопіль

ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ МІКРОКРИСТАЛІВ $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$, ВКРАПЛЕНИХ В МАТРИЦЮ NaCl

Пушак А.С.¹, Вістовський В.В.², Мягкота С.В.³, Волошиновський А.С.²,
Демків Т.М.², Антоняк О.Т.², Пашук І.П.²

¹Українська академія друкарства, м. Львів,

²Львівський національний університет імені Івана Франка,

³Львівський національний аграрний університет,

e-mail: vistovskii@physics.wups.lviv.ua

Останнім часом значну увагу привертають монокристали галоїдів лужноземельних металів типу MeX_2 , ($\text{Me}=\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba}$; $\text{X}=\text{Cl}, \text{I}$), активовані іонами рідкісноземельних елементів, з огляду на перспективу створення ефективних сцинтиляційних матеріалів [1–4]. Однак, досить сильна гігроскопічність цих кристалів перешкоджає їх детальному дослідженню і практичному застосуванню. Цей недолік можна усунути, досліджуючи мікрочастинки $\text{MeX}_2\text{-Eu}$, вкраплені в діелектричну матрицю. Метою цієї роботи були синтез мікрочастинки $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$, вкраплені у матрицю NaCl , та вивчення їх люмінесцентних властивостей при збудженні в області внутрішньцентрового поглинання іонів Eu^{2+} та в області зона-зонних переходів матриць.

Кристали $\text{NaCl-BaCl}_2(1 \text{ мол.}\%)\text{-EuCl}_3(0.02 \text{ мол.}\%)$ та $\text{BaCl}_2\text{-Eu}(0.1 \text{ мол.}\%)$ були вирощені у вакуумованих кварцових ампулах методом Стокбаргера. Після синтезу кристали $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ відпалювались при температурі 150-200°C на протязі 100 год. для стимулювання процесів агрегування.

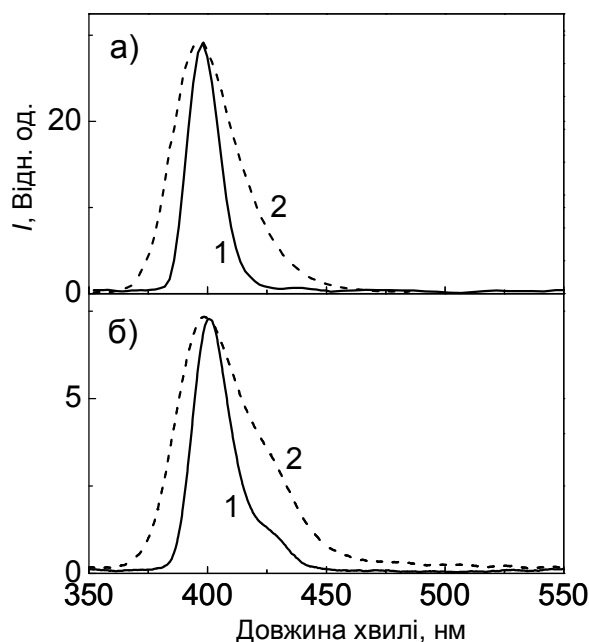


Рис. 1. Спектри люмінесценції кристалів: а) $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$; б) $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$, ($\lambda_{\text{exc}}=290 \text{ нм}$) при $T=10$ (криві 1) і 295 К (криві 2).

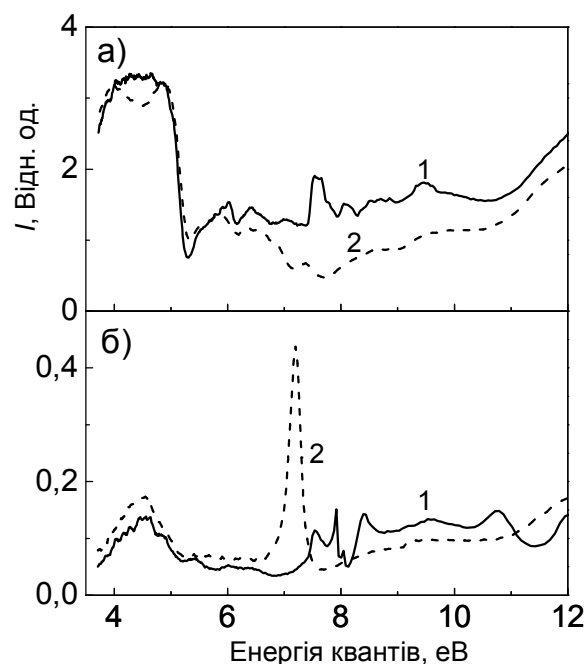


Рис. 2. Спектри збудження смуги люмінесценції з $\lambda_{\text{max}}=396 \text{ нм}$ кристалів: а) $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$; б) $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ при $T=10$ (криві 1) і 295 К (криві 2).

Смуга люмінесценції європейських центрів у кристалі $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ розміщена в області 396 нм і спектрально збігається зі смугою люмінесценції європейських центрів в кристалі $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$ (рис. 1). Також спектрально збігаються смуги поглинання іонів Європію ($4f\text{-}5d$ переходи в околі 3,8 – 5,2 еВ) в кристалах $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ та $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$ (рис. 2).

Ці дані поряд з даними зондового електронного аналізу, здійсненого за допомогою скануючого електронного мікроскопа (JEOL JSM-T220A), дають змогу стверджувати, що у кристалічній системі $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ утворюються мікрочастинки $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$, дисперговані у матриці NaCl . Свічення, яке спостерігається в області 430 нм кристала $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ (рис. 1б), відносять до випромінювання іонів Європію, які входять до складу одиночних диполів $\text{Eu}^{2+}\text{-v}_c^-$ або їх агрегатів (димерів, тримерів) в матриці NaCl [5].

У випадку збудження люмінесценції кристала $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ рентгенівськими квантами з енергією 40 кеВ в спектрах люмінесценції як і у випадку оптичного збудження спостерігаються смуги з $\lambda_{\text{max}}=396$ і 428 нм (рис. 3). Однак, при рентгенівському збудженні смуга люмінесценції з $\lambda_{\text{max}}=428$ нм, що відповідає випромінюванню Європію в матриці NaCl , є переважаючою за інтенсивністю (рис. 3, крива 1). Наявність смуги з $\lambda_{\text{max}}=396$ нм в спектрі рентгенолюмінесценції свідчить про те, що вже в процесі росту кристала утворюються мікрочастинки BaCl_2 , активовані іонами Європію. Додатковий тривалий відпал кристала сприяє процесам агрегатизації домішкових іонів з утворенням домішкових мікрочастин $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$. Внаслідок цього в спектрі рентгенолюмінесценції домінує смуга з $\lambda_{\text{max}}=396$ нм (крива 2), що свідчить про переважаюче входження іонів Європію в мікрочастинки BaCl_2 .

В процесі відпалу зразка протягом трьох діб при $T=600^\circ\text{C}$ і гартуванні до кімнатної температури відбувається руйнування значної кількості мікрочастин $\text{BaCl}_2\text{-Eu}$ з вивільненням іонів Європію. Таким чином відбувається збільшення концентрації іонів Європію в матриці NaCl , натомість зменшується як кількість, так і розміри мікрочастин BaCl_2 . Відповідно в спектрі рентгенолюмінесценції кристала $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ спостерігається збільшення інтенсивності смуги з $\lambda_{\text{max}}=428$ нм відповідальної за люмінесценцію іонів Європію в матриці NaCl (рис. 3, крива 3).

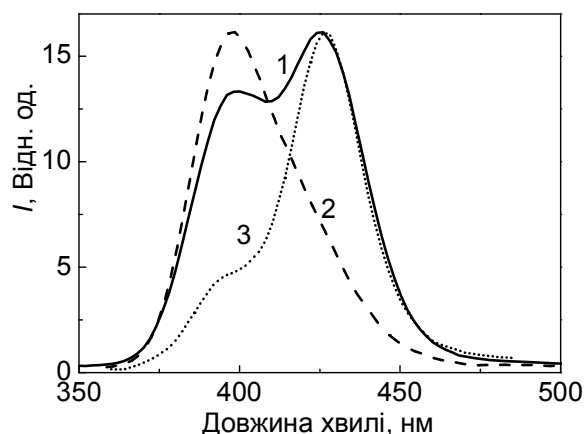


Рис. 3. Спектри рентгенолюмінесценції кристалів $\text{NaCl-BaCl}_2\text{-Eu}$ (після синтезу - крива 1, відпаленого - крива 2, загартованого від 600°C до кімнатної температури - крива 3).

Кінетика загасання смуги люмінесценції з $\lambda_{\text{max}}=396$ нм кристалу NaCl-BaCl₂-Eu при збудженні рентгенівськими квантами (T=295K) характеризується постійною часу 390 нс, що узгоджується з результатами, одержаними в роботі [6] для монокристала BaCl₂-Eu. Таким чином, це додатково підтверджує приналежність смуги люмінесценції з $\lambda_{\text{max}}=396$ нм кристалу NaCl-BaCl₂-Eu до випромінювання мікрочисталів BaCl₂-Eu, вкраплених в матрицю NaCl.

- [1] Cherepy N.J., Hull G., Drobshoff A.D., Payne S.A., van Loef E., Wilson C.M., Shah K.S., Roy U.N., Burger A., Boatner L.A., Choong W.S., Moses W.W. // Appl. Phys. Lett. 92, 083508 (2008).
- [2] Cherepy N.J., Payne S.A., Asztalos S.J., Hull G., Kuntz J.D., Niedermayr T., Pimputkar S., Roberts J.J., Sanner R.D., Tillotson T.M., van Loef E., Wilson C.M., Shah K.S., Roy U.N., Hawrami R., Burger A., Boatner L.A., Woon-Seng Choong, Moses W.W. // IEEE Transactions on Nuclear Science 56, 873 (2009).
- [3] van Loef E.V., Wilson C.M., Cherepy N.J., Hull G., Payne S.A., Woon-Seng Choong, Moses W.W., Shah K.S. // IEEE Transactions on Nuclear Science 56, 869 (2009).
- [4] Реброва Н.В., Пономаренко Т.В., Чергинец В.Л., Косинов Н.Н., Трефилова Л.Н., Зеленская О.В.// Тезисы докладов. Международная конференция “Инженерия сцинтилляционных материалов и радиационные технологии”, Харьков, Украина, 2008, С.82.
- [5] Ossypuan Yu.A., Morgunov R.B., Baskakov A.A., Shmurak S.Z., Tanimoto. Y. // Phys. Stat. Sol. (a) 201, 148 (2004).
- [6] Selling J., Birowosuto M.D., Dorenbos P., Schweizer S. // Journ. Appl. Phys. 101, 034901 (2007).